中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）35 (1)：81～93 (1986)

玉米銹病之研究[1]

葉忠川[2]

摘要：本省玉米銹病有普通型及南方型兩種。本研究之目的：一、繼續配合育種計畫進行抗病育種，協助檢定本所現有之種源（包括甜玉米及飼料玉米）及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性。二、探討溫度對夏胞子發芽及存活之影響以保存夏胞子做爲抗病篩選時之接種源及其他研究之用。三、探討本省兩種玉米銹病菌是否有生理小種，做爲抗病育種之指標。四、探討一些殺菌劑對兩種銹病的預防及治療效果做爲藥劑防治之參考。抗病篩選仍採用幼苗測定法在溫室或生長箱內進行。七十四年度共測定甜玉米663個品系，其中有206個品系在三次接種試驗中都表現抗普通型銹病，但未發現有抗南方型銹病者。七十五年度全省區域試驗飼料玉米22個品種（系）中有7個品系及對照品種臺農 351號抗普通型銹病，但亦無抗南方型銹病者，僅有兩個中間型品系。夏胞子發芽試驗在2％水洋菜上進行，結果顯示溫度適合時夏胞子在二小時內就可發芽，普通型銹病菌（*P. sorghi*）從12至 28°C發芽均良好，但以12及16°C最佳；南方型銹病菌（*P. polysora*）僅在24及28°C發芽較好；另外又發現*P. polysora*於低溫（16—20°C）所產生之夏胞子其發芽率顯然比高溫（24—30°C）所產生者爲高。夏胞子存活試驗顯示 *P. sorghi* 在-40及－5°C 保存150天仍有 60～70% 之發芽率，但 *P. polysora* 大約10天即完全失去發芽力。於 28°C 保存時 *P. sorghi* 大約30天但*P. polysora*亦約10天即完全失去發芽力。本試驗*P. polysora*夏胞子保存最好的溫度爲20°C，但經過60天發芽率亦從55%降至14%， 80天後即不發芽，所以*P. sorghi*夏胞子之保存較爲容易，但*P. polysora* 則有困難。從本省五個地區不定期前往採集銹病樣本，然後以離葉法在超甜玉米 236號葉片上用無菌軟毛毛筆進行純化與繁殖，以獲取源自單一夏胞子堆之菌株供生理小種研究之用，結果顯示本省之*P. sorghi* 沒有生理分化之現象，均屬於 Race2，但*P. polysora*有13個生理小種，分別爲 Race 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、15及16，其中Race 3、5、10、15及16 所佔比例較大爲主要的生理小種，尤其是 Race 16在 272個菌株中佔 29.4 %比例最大。若依採集地而論，花蓮有9個生理小種其中主要爲 Race 10及15，臺東有7個生理小種其中主要爲 Race16，屏東有8個生理小種其中主要爲Race 16，雲林有7個生理小種其中主要爲 Race 3、5 、10及15，臺中有8個生理小種其中主要爲Race 3 及10。室內及田間藥劑試驗均顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等對兩種銹病均有預防效果，但只有銹克優及賜加落之治療效果較佳，可使病斑枯乾並失去產胞能力；殺可淨及殺普之治療效果在病斑產胞前使用較佳。

玉米（*Zea mays* L.）有三種銹病，分別爲 *Puccinia sorghi* Schw. 引起之普通型銹病 (common rust), *P. polysora* Underw. 引起之南方型銹病 (southern rust) 及 *Physopella zeae* (Mains) Cummins and Ramachar引起之熱帶型銹病 (tropical rust)[18,20]，本省目前有普通型及南方型兩種[1,3,13]。日人澤田兼吉1943年在其所著「臺灣產菌類調查報告」中記載玉蜀黍有*Pucci-*

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1262 號。本研究承行政院農業委員會補助部分之經費謹此致謝。
2.本所植物病理系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

nia maydis 引起之銹病[4]，爲本省玉米銹病最早之記錄，但依其所敍述病菌之夏胞子及多胞子之形態，應爲 *P. sorghi* 引起之普通型銹病。由於玉米在本省存在已久，因此普通型銹病可能早已存在但沒有人研究，而南方型銹病是1976年才報告的[1,13]，可能是因爲引進甜玉米，栽培品種及栽培時期改變所致，因爲以前玉米大多在秋裡作種植，比較適合於普通型之發生，但目前幾乎全年均有人栽培，氣溫稍高時南方型就會發生，南方型是目前飼料玉米最重要的葉部病害，甜玉米則兩種銹病都十分嚴重，但發生時期略有不同。

栽培抗病品種是病害防治最經濟而且有效之辦法，玉米在國外也有許多抗銹病之品種[6,7,10,11,14,19,22]，但未必能適合本省栽培，筆者在農委會資助計畫下，初步已完成兩種銹病之鑑別方法，並配合育種計畫檢定本所部分玉米種源及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性[3]，所獲取之抗病材料可供育種之用，未檢定之種源及新分離培育之材料仍有待繼續進行。

溫度與夏胞子發芽[23]及露期、溫度與發病之關係[8]雖已有人研究，但尚不完整，前者限於普通型銹病而後者僅限於南方型銹病。夏胞子之保存及存活試驗則尚未有報告，以上各點對於抗病篩選時接種源之獲得與製作，甚至於銹病其他方面之研究如生理小種及流行學等均非常重要。

病菌之生理小種與作物品種之抵抗性關係密切，*P. sorghi* 根據文獻記載有14個生理小種[15]，*P. polysora*有 9 個生理小種[16,17,22]，本省則未有研究，目前栽培面積最多的臺農 351號雖可抗普通型但不抗南方型銹病[3]，其他栽培品種對南方型亦無抵抗性，此是否與病菌之生理小種有關，仍有待探討。

使用化學藥劑來防治病害不但增加生產成本，而且使用不當時對作物及人類都會造成傷害，因此並非上策，但當無抗病品種可供栽培時，若藥劑使用得法，由於它的效果立竿見影因此也普徧被採用，飼料玉米由於植株高大，後期施藥比較困難，但若早期被感染對產量之影響可能較大，因此可考慮使用藥劑防治，甜玉米由於植株較小經濟價值也較高，因此用藥十分普徧，但是目前本省尚未有正式推廣之藥劑，農民大多聽從藥商之推薦缺乏試驗根據。曾氏[2]言玉米銹病藥劑防治無效，可能因使用無效之藥劑或因施用時期與方法不當所致。

本研究之目的，(1)繼續配合育種計畫進行抗病育種，協助檢定本所種源(包括甜玉米及飼料玉米)及分離培育之材料對兩種銹病之抵抗性。(2)探討溫度對夏胞子發芽及存活之影響以保存夏胞子做爲抗病篩選時之接種源及其他研究之用。(3)探討本省兩種玉米銹病菌是否有生理小種，做爲抗病育種之指標。(4)探討一些殺菌劑對兩種銹病的預防及治療效果做爲藥劑防治之參考。

材料與方法

一、抗病篩選：

(一) 病菌之培養——採用 Hooker及Yarwood 氏[12]之離葉法 (detached leaf method)，但經過改良，先於直徑 9 公分經過消毒之培養皿內放一薄層棉花，上面再加一層濾紙，然後以蒸餾水加蔗糖 (5 %, v/w) 及Kinetin (20μg/ml) 之溶液潤濕備用。溫室栽培之感病品種超甜玉米236號之新鮮葉片，先以自來水洗去表面之塵垢，再用剪刀裁成長度約七公分之片段，並以乾淨之濾紙或衛生紙吸去表面多餘之水份後，置於前述準備好之培養皿內，葉片之上表皮向上。從田間採集之病葉，取其新鮮夏胞子以含展着劑 (Tween 80, 100μg/ml) 之無菌蒸餾水製成胞子懸浮液，其濃度約爲二萬個胞子/ml，最後再以經過殺菌之軟毛毛筆沾此胞子懸浮液均勻塗抹在培養皿內之葉片上，在室溫 (24—28°C) 經過七至十天後即會有新的夏胞子堆及夏胞子產生，反覆進行以繁殖夏胞子，直至有足量之夏胞子供抗病篩選時接種之用爲止[3]。

(二) 供試材料——共測定甜玉米夏威夷超甜 9 號與Suwan 1 號雜交以後之自交系後代 F_3及 F_4 663個品系及七十五年度全省區域試驗飼料玉米22個品種／系，材料均由本所農藝系提供。

(三) 檢定方法——仍以幼苗在溫室或生長箱內進行[3,8,18]，以長10公分寬15公分之塑膠袋裝消

毒土後種植供試品系，每品系一袋每袋三株，當玉米具三至四個展開葉片時用實驗室培養之接種源（2萬個胞子／ml），以花卉栽培用小型指壓式塑膠噴霧器接種，然後以透明塑膠布覆蓋保濕24小時後除去，普通型銹病保持在20—24°C，南方型銹病保持在24—28°C[18]，經過6—10天後調查病斑形態，無肉眼可見之病徵或爲退綠色黃斑者爲抵抗型（R），黑色壞死小點到小形夏胞子堆者爲中間型（M），夏胞子堆完全發育並產生許多夏胞子者爲感病型（S）[18,21]。

二、夏胞子發芽試驗：

將離葉法產生之新鮮夏胞子製成每ml含一萬個胞子之懸浮液（內含 Tween 80, 100μg/ml），然後均勻散佈在2%水洋菜平板上，分別放在12、16、20、24、28及32°C之恆溫箱中，經過2、4及8小時取出以乳酚液（lactophenol）固定，然後在顯微鏡下計算發芽百分率，當發芽管爲胞子長度一倍半時即視爲發芽，三重複每重複計算一百個胞子，試驗共進行三次求其平均值。

三、夏胞子存活試驗：

用眞空幫浦（vaccum pump）收集離葉法上產生之新鮮夏胞子於有蓋小指形管內，普通型銹病之胞子存放在－40、－5°C冰櫃內及2、12、20及28°C之恆溫箱中，南方型銹病菌之胞子存放在－40、－5°C之冰櫃及2、8、12、16、20、24及28°C之恆溫箱中，每隔10天取出一管仿上述之方法做發芽試驗，普通型之胞子在16°C南方型之胞子在24°C經過12小時後固定並計算其發芽百分率。

四、生理小種之研究：

（一）供試菌之採集與純化——玉米生長季節不定期至栽培區採集病葉，於實驗室內以離葉法[3,12]在超甜玉米236號上繁殖，並挑取單一夏胞子堆依同法繼續繁殖以獲取單一夏胞子堆菌株（single uredium isolates）[24,25]，直到有足量之夏胞子供接種爲止，採集地點包括臺中神岡、雲林崙背、屏東高雄區改良場，臺東鹿野及花蓮吉安等地。

（二）判別品種——前人之研究所採用的判別品種因人而異[5,6,15,16,17,22]，目前尙無一套通用之判別品種，但一般均由抗病品種與感病品種組成，因此本試驗採用一些本地感病種及獲自CIMMYT之抗病品系，普通型包括臺農351號、臺南5號、Rp$_1$g 79—109、A632，南方型包括S. L. P. 20、70—2/6198、11Q/6199、67—1/Q6200等。

（三）生理小種之鑑定——爲避免交互感染，接種試驗仍然在離葉法上進行，判別品種分別以無菌軟毛毛筆接種單一夏胞子堆菌株之胞子懸浮液（約2萬個胞子/ml，並含100μg/ml之展着劑Tween 80）後置於室溫，普通型銹病試驗期間約爲18—24°C，南方型銹病爲22—27°C，經過7—10天記載病斑形態，無肉眼可見之病斑到過敏性反應之細斑者爲抵抗型反應（R），夏胞子堆發育並產胞者爲感病型反應（S）。本試驗採用四個判別品種，兩種反應型，因此理論上可以區別16個生理小種（表一），將單一夏胞子堆菌株在判別品種上之反應與表一比對即可知屬於何生理小種。

表1. 生理小種鑑定時玉米銹病菌在四個玉米判別品種上可能之反應

Table 1. Possible reactions of four corn differential varieties for race identification of *P. sorghi* and *P. polysora*

判別品種（Differential variety）		生理小種代號（Race designation）															
普通型銹病菌（*P. sorghi*）	南方型銹病菌（*P. polysora*）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
臺農351號	S. L. P. 20	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	S	R	S	S	S	S
Rp$_1$g79—109	70—2/Q6198	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	S	S	S
A632	11/Q6199	R	R	S	R	R	S	R	S	R	S	R	S	S	R	S	S
臺南5號	67—1/Q6200	R	S	R	R	R	S	S	R	S	R	R	S	S	S	R	S

R：抵抗型反應（Resistant reaction）；S：感病型反應（Susceptible reaction）

五、藥劑防治試驗：

(一) 供試藥劑及使用濃度——銹克優 (Plantvax) 75%W. P., 1,600倍；賜加落 (Sicarol) 50%W. P., 1,500倍；利總寧 (Trimazone) 85% W. P., 750倍；克力保 (Calixin-M) 47% W. P., 1,000倍；殺可淨 (Sapxin) 30%E. C., 1,000倍；殺普 (Saprol) 18.6%E. C., 750倍；克力生 (Calixin) 84.2% E. C., 2,000倍，拜綠通 (Bayleton) 5% W. P., 1,000倍。

(二) 預防效果試驗——在溫室內仿抗病篩選之方法以塑膠袋種植感病品種臺南5號，每袋3株，俟5－6個葉片時將上述藥劑 (含100μg/ml之展着劑 Tween80) 以花卉栽培用小型指壓式塑膠噴霧器均勻噴灑在葉片表面，噴藥後第1、3、5、7、9、11天分別以同型噴霧器接種銹病菌之胞子懸浮液 (2萬個胞子／ml)，每種藥劑每處理接種三袋，試驗共進行三次，接種後之植株置於生長箱內或網室內，但普通型銹病保持在18—24°C，南方型銹病保持在 22—27°C，以塑膠袋覆蓋保濕一天後除去，然後按正常方法管理，接種後7至10天調查藥效。

(三) 治療效果試驗——採用之方法和上述預防效果之試驗大致相同，所不同者爲先接種病菌，保濕一天使其侵入後分別在接種後第1、3、5、7天等施藥，第7天以後病斑已產胞故停止用藥，施藥後7至10天調查藥效。

(四) 田間試驗——供試玉米仍採用感病品種臺南5號，按一般正常方法種植及管理，當植株約30公分高時即可開始進行，因爲預防勝於治療，所以田間僅進行預防效果試驗，試驗田採完全逢機設計 (CRD)，三重複，每個噴藥小區 (experimental unit) 種植三行，每行長度3米，小區與小區之間有一行保護行以避免藥劑之相互干擾，試驗田四周之保護行在傍晚時以人工行噴霧接種銹病菌之夏胞子懸浮液 (2萬個胞子/ml) 使其發病，然後田間灌水以維持高濕度有利於發病，保護行開始出現病斑時試區即可開始施藥預防銹病之發生。使用藥劑之名稱及濃度如前所述，至於施藥間隔日數乃按照該藥劑在其他作物上使用之標準，除利總寧每5天一次，克力保及克力生每7天一次外，其他藥劑均10天一次。普通型銹病在2－4月進行，南方型銹病在5－6月進行，因爲這段期間很適合於病害之發生及容易採得大量之接種源，以完全不施藥者爲對照區，當對照區發病嚴重間即可調查藥效。

(五) 藥效調查方法——無施藥之對照區爲嚴重感染以〃卌〃表示，病斑數較少者以〃廿〃表示，病斑數很少者以〃＋〃表示，無肉眼可見之病徵者以〃－〃表示，若病斑已經形成，但施藥後病斑枯乾並失去產胞能力則先記載病斑數目後再加上括弧以之區別。

結　果

一、抗病篩選：

夏威夷超甜9號及Suwan 1號雜交以後之自交系F_3或F_4共663個品系對南方型銹病均呈現感病型反應，對普通型銹病經過三次接種均呈現抗病型反應者有 206個品系，三次中兩次表現抗病一次感病型反應者有74個品系，播種三次但只有二次有發芽並經接種均呈抗病型反應者有57個品系，播種三次但只有一次發芽，經接種亦呈抗病型反應者有15個品系，第一次試驗即表現感病型反應，因此未進行第二次試驗者有 311個品系。七十五年度全省區域試驗22個品系中對普通型銹病表現抗病者有7個品系以及對照品種臺農 351號，中間型有3個品系，感病型有11個品系，但均未發現抗病南方型銹病之品系，僅有2個中間型，其餘20個品系均爲感病型反應 (表二)。

二、夏胞子發芽試驗：

無論南方型銹病菌或普通型銹病菌幾乎均在2小時內就全部發芽，以後即使增加仍然有限(表三)。若依溫度而論，普通型銹病菌在12至28°C均發芽良好，但以12及16°C最佳，而南方型銹病菌僅在24及 28°C 較優 (表三、圖一、圖二)。南方型銹病菌在低溫 (16—20°C) 所產生之胞子比高溫 (24—30°C) 所產生者發芽率爲高 (表四)。

三、夏胞子存活試驗：

表2. 七十五年度全省區域試驗玉米品種／系抗銹病檢定

Table 2. Screening of corn varieties/lines used in the 1984—1985 regional yield trials for resistance to the infection by *P. sorghi* and *P. polysora*

銹病名稱 (Rust name)	銹病反應 (Rust reaction)[a]		
	R	M	S
普通型銹病 (*P. sorghi*)	8[b]	3[c]	11[e]
南方型銹病 (*P. polysora*)	0	2[d]	20[f]

a. 銹病反應：R——無肉眼可見之病徵或過敏性反應細斑（抵抗型）。
M——夏胞子堆細小而且產胞量甚少（中間型）
S——夏胞子堆完全發育並產生大量胞子（感病型）。

Rust reaction：R—Resistant, no visible symptoms or chlorotic flecks.
M—Moderately resistant or moderately susceptible necrotic flecks or with medium size not fully developed uredia.
S—Susceptible, with fully developed uredia which sporulated abundantly.

b. 84F—14, 85W—1, 85W—2, 85W—3, 85W—4, 85W—6, 85W—9，臺農351號。

c. PS 5, PS 53, PS 57.

d. 85W—2, 85W—4.

e. PS 1, 84F—3, 84F—11, 84F—12, 84W—5, 85W—7, 85W—8, 85W—10，臺南5號，臺南11號，臺南16號。

f. PS 1, PS 5, PS 53, PS 57, 84F—3, 84F—11, 84F—12, 84F—14, 85W—1, 85W—3, 85W—5, 85W—6, 85W—7, 85W—8, 85W—9, 85W—10，臺南5號，臺南11號，臺南16號，臺農351號。

表3. 普通型及南方型玉米銹病菌在不同溫度及時間之發芽百分率[a]

Table 3. Percentage of uredospore germination of *P. sorghi* and *P. polysora* at different temperatures in times[a]

溫度 (°C) (Temperature)	*P. sorghi*			*P. polysora*[b]		
	2hr.	4hr.	8hr.	2hr.	4hr:	8hr.
12	79%	82	86	2	3	2
16	81	83	85	2	2	2
20	80	81	84	21	18	23
24	75	77	78	55	53	56
28	78	79	79	56	56	55
32	21	26	27	11	9	12

[a]. 試驗在2%水洋菜上進行三次，三重複之平均值。

Experiments were conducted on 2% water agar plates with 3 replicates and the experiments were run 3 times.

[b]. 室溫 (24—30°C) 產生之夏胞子。

Uredospores were produced at room temperatures (24—30°C)

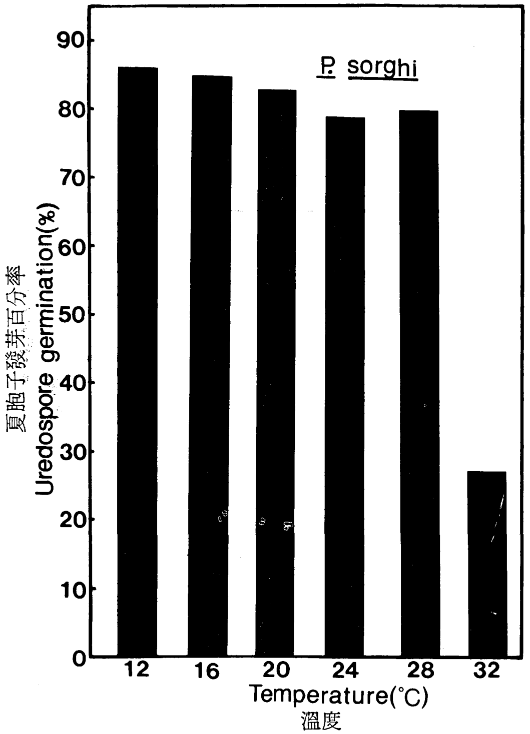

圖1.玉米普通型銹病菌在不同溫度於2%水洋菜經過8小時之發芽百分率

Fig. 1. Germination percentage of uredospores of *P. sorghi* at different temperatures after eight hours on 2% water agar plates.

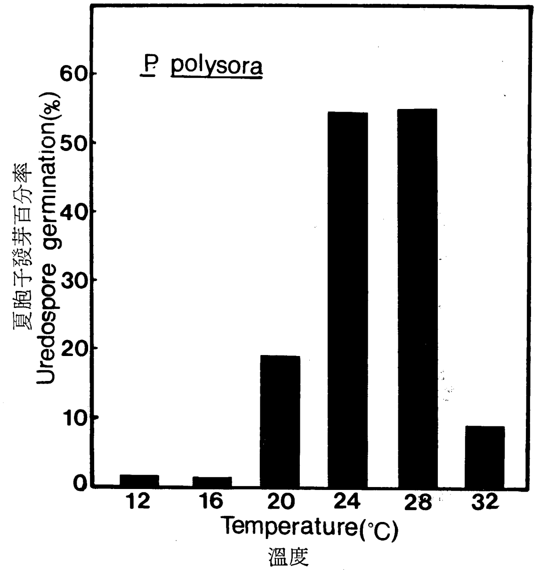

圖2.玉米南方型銹病菌在不同溫度於2%水洋菜經過8小時之發芽百分率

Fig. 2. Germination percentage of uredospores of *P. polysora* at different temperatures after eight hours on 2% water agar plates.

表4.玉米南方型銹病菌在不同溫度產胞與發芽之關係

Table 4. Relationship between sporulation temperature and germination percentage of uredospores of *P. polysora*

產胞溫度 (Sporulation temperature)	發芽百分率[a] (Germination %)
	Min. —(X̄)—Max.
16—20°C	50—(78)—92%
24—30°C	23—(37)—56%

[a] 發芽試驗在2%水洋菜平板於24°C經過8—12小時
Germination tests were conducted on 2% water agar plates at 24°C for 8—12 hours.

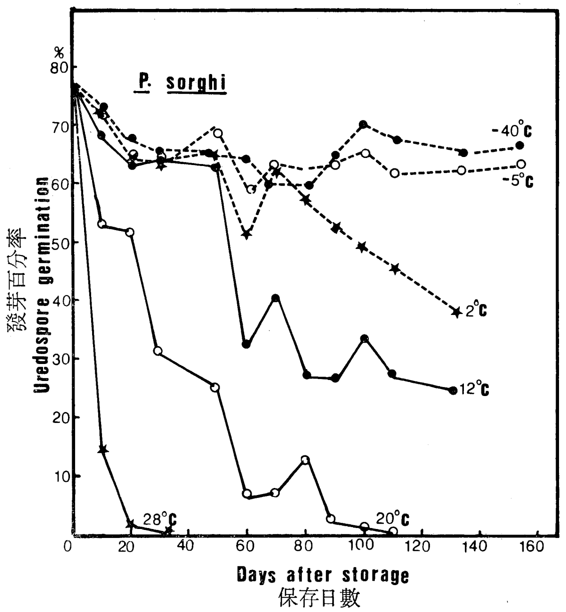

圖3.玉米普通型銹病菌夏胞子在不同溫度之存活試驗

Fig. 3. Survival of uredospores of *P. sorghi* at different temperatures in times

普通型銹病菌之夏胞子在—40或－5°C保存150天後仍有60至70%之發芽率，但 28°C經過一個月才完全失去發芽力（圖三），但南方型銹病菌在—40或－5°C 或20°C 經過大約10天即不發芽，只有在28°C稍微好些，但經過60天後發芽率亦降至14%（圖四），以上結果顯示普通型銹病菌之保存較爲容易，而且低溫更爲理想，但南方型銹病菌之夏胞子的保存則比較困難。

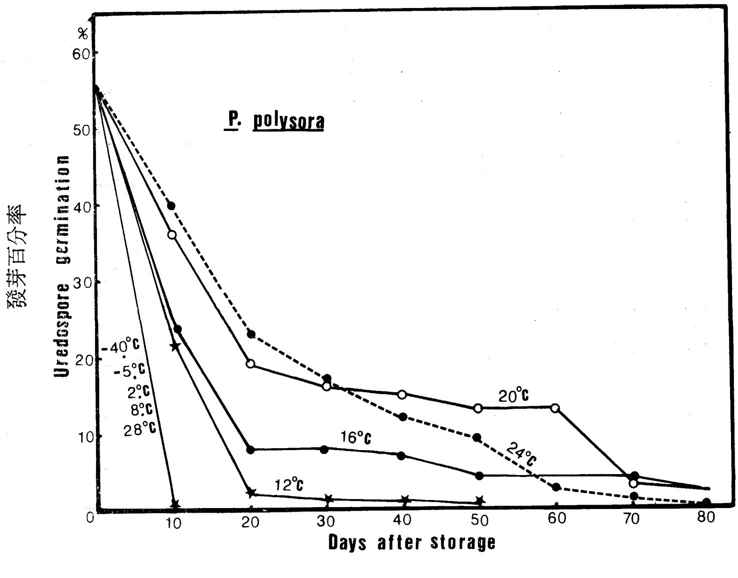

圖4.玉米南方型銹病菌夏胞子在不同溫度之存活試驗

Fig. 4. Survival of uredospores of *P. polysora* at different temperatures in times

四、生理小種之研究：

所有普通型銹病菌（*P. sorghi*）之單一夏胞子堆菌株均不感染臺農351號、Rp₁g79—109及A632，但均可感染臺南 5 號，與表一之反應比對結果知本省目前之*P. sorghi* 均爲Race 2，並未有生理分化之現象。而南方型銹病菌（*P. polysora*）則明顯有生理分化之現象，本試驗共鑑定有 Race 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、15、16等13個生理小種，臺農351號對此13個生理小種均無抵抗性，若依地方區分，臺中神岡及屏東高雄區改良場各有 8 個生理小種，雲林崙背及臺東鹿野各有 7 個生理小種，花蓮吉安有 9 個生理小種（表五），本試驗共純化*P. polysora*單一夏胞子堆菌株272個，按其分體情形顯示本省主要爲Race 3、5、10、15、16，尤其Race 16最多佔29.4%（表六），若依生理小種區分，花蓮主要爲Race 10及15，臺東及屏東主要爲 Race 16，雲林主要爲Race 3、5、10、15，臺中主要爲Race 3及10（表五、表六）。

五、藥劑防治試驗：

室內之幼苗法試驗結果顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普對兩種銹數之預防效果較佳，施藥後可保護11天尚不致受銹病菌感染，克力生及拜綠通之效果較不理想（表七）。治療效果顯示只有銹克優及賜加落較佳，因爲它們可以使已經形成之病斑失去產胞能力並枯死，殺可淨及殺普必須在接種後 3 天以內使用效果較好，若病斑已經形成則效果較差，其他藥劑之治療效果均不理想（表七）。田間試驗之結果和室內者大致相同，仍以銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等五種藥劑之預防效果較佳，銹克優及賜加落亦可使產胞之病斑枯乾並失去產胞能力（表八）。

表5. 本省五處所採集玉米南方型銹病菌之生理小種

Table 5. Races of *P. polysora* collected at five locations in Taiwan

採集地 (Location)	生理小種號碼 (Race designation)									
臺中 (Taichung)	Race	3*,	5,	6,	8,	10*,	11,	15,	16	
雲林 (Yunlin)	Race	3*,	5*,	8,	9,	10*,	15*,	16		
屏東 (Pingtung)	Race	3,	5,	8,	10,	11,	13,	15,	16*	
臺東 (Taitung)	Race	3,	5,	10,	12,	13,	15,	16*		
花蓮 (Hualien)	Race	3,	4,	7,	8,	10*,	11,	12,	15*,	16

*主要生理小種 (Major races)

表6. 玉米南方型銹病菌13個生理小種之單一夏胞子堆菌株在五個採集地之分佈情形

Table 6. Distribution of single uredium isolates of the thirteen identified races of *P. polysora* in the five collections

生理小種 (Race)	採集地 (Collection location) 臺中 (Taichung)	雲林 (Yunlin)	屏東 (Pingtung)	臺東 (Taitung)	花蓮 (Hualien)	小計 (Subtotal)	百分比 (%)
*3	11	13	4	1	4	33	12.1*
4					2	2	0.7
*5	4	14	8	1		27	10.0*
6	2					2	0.7
7					3	3	1.1
8	2	1	3		4	10	3.7
9		2				2	0.7
*10	9	15	8	7	10	49	18.0*
11	1		5		3	9	3.3
12				1	3	4	1.5
13			1	8		9	3.3
*15	4	10	9	7	12	42	15.4*
*16	2	3	22	47	6	80	29.4*
總計 (Grand Total)						272	99.9

*主要生理小種 (Major races)

表7. 殺菌劑對玉米兩種銹病之預防及治療效果（溫室試驗）[a]

Table 7. Preventive and curative efficacy of fungicides for the control of corn rusts (*P. sorghi* and *P. polysora*) in the greenhouse

殺菌劑 (Fungicide)	預防效果 (Preventive efficacy) 接種前第幾天施藥 (The day of spraying before inoculation)						治療效果 (Curative efficacy) 接種後第幾天施藥 (The day of spraying after inoculation)			
	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7
銹克優 (Plantvax)	−	−	−	−	−	−	−	(+)	(+)	(+++)
賜加落 (Sicarol)	−	−	−	−	−	−	−	−	(−)	(+++)
利總寧 (Trimazone)	−	−	−	−	−	−	+++	+++	+++	+++
克力保 (Calixin-M)	−	−	−	−	−	−	+++	+++	+++	+++
殺可淨 (Sapxin)	−	−	−	−	−, +	−, +	(+)	(+)	++	+++
殺普 (Saprol)	−	−	−	−	−	−	−	(+)	++	+++
克力生 (Calixin)	+	++, +++	++	++	++	++	+	++	+++	+++
拜綠通 (Bayleton)	+, ++	++	++	++	+++	+++	+	++	++	+++
對照 (CK)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

—：無肉眼可見病徵 (no visible symptoms)；+：少數病斑 (few lesions)

++：病斑數中等 (more lesions)；+++：病斑數很多 (abundant lesions)

(+)：少數壞死細斑 (few necrotic flecks)；(+++) 具有許多不產胞夏胞子堆枯死之病斑。(abundant lesions with drying and non-sporulating uredia)

表8. 殺菌劑對兩種玉米銹病之預防效果（田間試驗）

Table 8. Preventive efficacy of fungicides for the control of corn rusts (*P. sorghi* and *P. polysora*) in the field

殺菌劑 (Fungicide)	稀釋倍數 (Dilution)	施藥間隔日數 (Days between 2 sprays)	普通型 (*P. sorghi*)	南方型 (*P, polysora*)
銹克優 (Plantvax)	1,600X	10	−, (+)	−, (+)
賜加落 (Sicarol)	1,500X	10	−	−, (+)
利總寧 (Trimazone)	750X	5	−, +	−, +
克力保 (Calixin-M)	1,000X	7	−, +	−, +
殺可淨 (Sapxin)	1,000X	10	−, +	+
殺普 (Saprol)	750X	10	+	+
克力生 (Calixin)	2,000X	7	+++	+, ++
拜綠通 (Bayleton)	1,000X	10	+++	+++
不施藥對照 (CK)			+++	+++

—：無肉眼可見病徵 (no visible symptoms)；+：少數病斑 (few lesions)

++：病斑數中等 (more lesions)；+++：病斑數很多 (abundant lesions)

(+)：少數壞死枯乾疾斑 (few necrotic drying lesions)

討 論

美國飼料玉米之栽培因為採用抗病品種已不受普通型銹病之威脅，而且由於已經有許多抵抗性基因在不同之品種被鑑定出來，育種時即同時考慮到抗病性之問題，因此在可預見的將來，普通型銹病在飼料玉米上仍不致猖獗[9]。本省現在的事實也顯示栽培抗病品種是病害防治最經濟而且有效的辦法，因為以前玉米多在秋裡作栽培，氣溫較適合加上當時栽培之品種不抗病，因此普通型銹病發生普徧，現在因為主要的推廣品種臺農 351號抗病，所以普通型銹病已不重要，而且普通型銹病已有 TA 80—1410等優良之抗源 (source of resistance)[3]，七十五年度全省區域試驗品系中即有些是 TA 80—1410雜交之後代，它們也都抗普通型銹病（表二）因此除非新推出一個非常感病之品種，普通型銹病在飼料玉米也和美國一樣可能不致造成威脅。至於甜玉米雖然目前栽培最多的超甜 236號不抗病，但本研究已找到許多抗源，若育種時能同時注意抗病性的問題，將來育成適合本省栽培抗普通型銹病之品種應該不成問題。

南方型銹病是目前飼料玉米最主要的葉部病害，也因為所栽培之品種不抗病所致，筆者雖然找到一些抗源[3]，但與普通型銹病相比仍不甚理想，當時懷疑病菌可能有生理分化之現象，而且沒有一個品種可以抗所有之生理小種所致，同一品系在不同次的重複試驗中對銹病之反應有時不一致，當時也懷疑可能是因為每次所採用之接種源中所含之生理小種及其所佔的比例不同所致[3]，以上諸疑點本研究均已證實，當然若一個品系仍在繼續分離，不同次別之試驗或同一次試驗不同之植株反應也會不一致，此時必須逐次選拔才能獲得抗病性穩定的品系。

文獻記載普通型銹病菌 (*P. sorghi*) 有14個生理小種[15]，但以本試驗之判別品種鑑定之結果未具有生理分化現象使得普通型銹病在本省較為單純，但南方型銹病菌 (*P. polysora*) 則不同，雖然僅報告有 9 個生理小種[16,17,22]，但本研究顯示有13個生理小種（表六），因為所採用之判別品種不同所以無法比較；本省目前沒有任何一個品種可抗此13個生理小種，而且它們都可感染主要栽培品種臺農351號，遂造成南方型銹病之猖獗。自CIMMYT引進之材料中 67—1/Q6200 是目前最好的抗源，它可抗 Race 3、5、10及15等 4 個主要的生理小種 (major race)，其次為70—2/Q 6198 可抗 Race 3、5、10等 3 個主要生理小種，S. L. P. 20及11/Q 6199分別能抗 Race 3及Race 5 等 1 個主要生理小種（表一、表五、表六），由於 Race 16分佈最廣所佔的比例也高達29.4%，因此若能育成一個能抗Race 16的品種，南方型銹病之威脅即可減輕許多，同時有必要找尋其他更好的抗源。

發芽試驗結果顯示玉米銹病菌在 2 小時內即可發芽（表三），此與Hollier及King氏[8]報告 *P. polysora* 在 22°C 只需 4 小時即可完成感染可相呼應，至於發芽最適合之溫度，Weber[23]報告*P. sorghi*以16—18°C 最佳，本試驗則以12及 16°C 最好但12至 28°C 均發芽良好（圖一），顯示本省之 *P. sorghi* 適合發芽之溫度較廣，更有利於病菌之生存，同時 *P. polysora* 最適合發芽之溫度為24及28°C（表三、圖二）亦符合本病多發生在熱帶及亞熱帶之原則。至於為何*P. polysora* 在低溫 (16—20°C) 時所產生之胞子其發芽率比高溫 (24—30°C) 時高，此為胞子生理方面之問題，有待研究。

存活試驗顯示普通型銹病菌 (*P. sorghi*) 夏胞子之保存較容易，它在−40°C或−5°C保存150天後仍有60—70%之發芽率（圖三），它的中間寄主 (alternate host) 黃花酢醬草 (*Oxalis corniculata*)[12] 本省到處可見，但未具有春子器 (aecial stage) 存在，此情形和美國之情形相似，美國南部各州之黃花酢醬草也很少有春子器，但墨西哥境內者很多，因此初次感染源 (primary inoculum) 多來自墨西哥。南方型銹病菌 (*P. polysora*) 之保存則有困難，僅在中溫 (20°C) 保存稍好，但經過60天後發芽率亦降至14%（圖四），它亦未有中間寄主報告，在本省幾乎全年都有人種植玉米，病菌可能就靠這些寄主終年綿延不斷。

室內試驗顯示銹克優、賜加落、利總寧、克力保、殺可淨及殺普等噴灑後11天仍有預防效果（表七），但田間試驗除利總寧每 5 天施藥一次，克力保每 7 天施藥一次外，其他藥劑每10天施藥一次，

兩者似不一致，但田間試驗乃按照這些藥劑推荐在其他作物上之標準而定，室內試驗目的在探討這些藥劑最長能保護多久，兩者目的不同，而且室內之條件如露水及光線等亦和田間不同，兩者不能混為一談，但田間及室內試驗均顯示上述六種藥劑均有預防效果是無可置疑的（表七、表八）治療試驗顯示只有銹克優及賜加落效果較優（表七），它們可使已產胞之病斑枯死並失去產胞能力，殺可淨及殺普必須在產胞前使用否則效果減低，至於田間到底要多久施藥一次最經濟又有效，仍有待研究。除本試驗之藥劑外，其他藥劑限於人力物力及時間無法同時進行。藥劑防治在甜玉米由於經濟價值較高植株也小或許可行，但飼料玉米長中後期植株高大施藥困難，因此仍以育成抗病品種最為理想。

引 用 文 獻

1. 孫明賢、侯信雄、曾建銘・1976・臺灣玉米之銹病・植保會刊18(4)：405（摘要）
2. 曾建銘・1982・玉米病害・行政院科技顧問組植物保護研究聯繫協調小組報告：162—165・行政院農業委員會發行。
3. 葉忠川・1984・玉米銹病判別與抗病篩選・中華農業研究33：306—315。
4. 澤田兼吉・1943・玉蜀黍銹病・臺灣產菌類調查報告9：59。
5. Bergquist, R. R. and A. J. Pryor. 1984. Virulence and isozme differences for establishing racial identity in rusts of maize. Plant Disease 68 : 281—283.
6. Futrell, M. C., A. L. Hooker, and G. E. Scott. 1975. Resistance in maize to corn rusts, controlled by a single dominant gene. Crop Science 15 : 597-599.
7. Hagan, W. L., and A. L. Hooker. 1965. Genetics of reaction to *Puccinia sorghi* in eleven corn inbred lines from central and south America. Phytopathology 55 : 193—197.
8. Hollier, C. A. and S. B. King. 1985. Effect of dew period and temperature on infection of seedling maize plant by *Puccinia polysora*. Plant Disease 69 : 219—220.
9. Hooker, A. L. 1969. Widely based resistance to rust in corn. Pages 28-34 in J. A. Browning (ed). Disease consequences of intensive and extensive culture of field crop. Iowa Agr. & Home Econ. Exp. Sta. Special Report 64. 56pp.
10. Hooker, A. L., and W. A. Russell. 1962. Inheritance of resistance to *Puccinia sorghi* in six corn inbred lines. Phytopathology 52 : 122-128.
11. Hooker, A. L., G. F. Sprague, and W. A. Russell. 1955. Resistance to rust (*Puccinia sorghi*) in corn. Agron. J. 47 : 388.
12. Hooker, A. L., and C. E. Yarwood. 1966 . Culture of *Puccinia sorghi* on detached leaves of corn and *Oxalis corniculata*. Phytopathology 56 : 536-539.
13. Hou, H. S., J. M. Tseng, and M. H. Sun. 1976. Occurrence of corn rusts in Taiwan. Plant Dis. Reptr. 62 : 183—186.
14. Lee, B. H., A. L. Hooker, W. A. Russell, J. G. Dickson and A. L. Flangas. 1963. Genetics relationships of alleles on chromosome 10 for resistance to *Puccinia sorghi* in 11 corn lines. Crop Science 3 : 24—26.
15. LeRoux, P. M., and J. G. Dickson 1975. Physiology, specialization, and genetics of *Puccinia sorghi* on corn and *Puccinia purpurea* on sorghum. Phytopathology 47 : 101—107.
16. Robert, A. L. 1962. Host ranges and races of the corn rust. Phytopathology 52 : 1010-1012.
17. Ryland, A. K., and H. H. Storey. 1955. *Physiological* races of *Puccinia polysora* Underw. Nature 176 : 655.
18. Schieber, E. and J. G. Dickson. 1963. Comparative pathology of three tropical corn rusts. Phytopathology 53 : 517—521.
19. Scott, G. E., S. B. King, and J. W. Armour Jr. 1984. Inheritance of resistance to southern corn rust in maize populations. Crop Science. 42 : 265-267.

20. Shurtleff, M. C. (ed) 1973. A compendium of corn diseases. American Phytopathological Society 64pp.

21. Storey, H. H., and A. K. Howland, 1957. Resistance in maize to the tropical american rust fungus, *Puccinia polysora* I. Genes Rpp_1 and Rpp_2. Heredity 11(3) : 289—301.

22. Ullstrup, A. J. 1955. Inheritance and linkage of a gene determing resistance in maize to an american race of *Puccinia polysora* , Phytopathology 55 : 425—428.

23. Weber, G. F. 1922. Studies on corn rust. Phytopathology 12··89—97.

24. Yeh, C. C. 1983. Physiological races of *Phako sora pachyrhizi* in Taiwan. J. Agr. Res. China 32 : 69—74.

25. Yeh, C. C. 1983. Screening common beans for rust resistance and physiological races of bean rust fungus in Taiwan. J. Agr. Res. China 32 : 259—269.

Studies on Rusts of Maize[1]

C. C. Yeh[2]

Summary

Common rust (*Puccinia sorghi*) and southern rust (*P. polysora*) of maize were occurred in Taiwan. This research was attempted:(i) to screen germplasm and segregating breeding lines of dent and sweet corns for resistance to breed rust-resistant and high yield varieties; (ii) to study the effect of temperature on the germination and survival of uredospores for the manipulation of inoculum in the screening and for the preservation of uredospores for further studies; (iii) to explore the physiological races and their distribution, if any, of *P. sorghi* and *P. polysora* in Taiwan, and (iv) to evaluate the preventive and curative efficacy of some fungicides for the control of maize rusts. Corn seedlings with 3—4 leaves were inoculated with uredospore suspension in the greenhouse or growth chamber depending upon air temperatures. Of the 663 tested F_8 and F_4 lines of sweet corns from the crosses between Hawaii Super Sweet 9 and Suwan No. 1, two hundred and six lines were resistant to the infection by *P. sorghi* but they were all susceptible to *P. polysora*. Among the 22 varieties and/or lines used in the 1984—1985 regional yield trials, 7 lines and the check cv. Tainung 351 were resistant to *P. sorghi* but no one was resistant to *P. polysora*. The optimum temperatures for the uredospore germination of *P. sorghi* were observed between 12 and 28°C whereas *P. polysora* were found at 24 and 28°C. If the condition is appropriate, viable uredospores germinated in two hours. Higher percentage of germination was observed

---

1. Contribution No. 1262 from Taiwan Agricultural Research Institute. Research supported in part by the Council of Agriculture, Executive Yuan.

2. Associate Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, Republic of China.

in the uredospores of *P. polysora* produced under cool temperatures (16—20°C) than that produced under warm tempratures (24—30°C). After 150 days stored at −40 and −5°C, 60—70% of the uredospores of *P. sorghi* were still able to germinate, however, *P. polysora* completely lost its germination ability after 10 days either at −40°C or −5°C. No viable uredospores were observed after 10 days for *P. polysora* and 30 days for *P. sorghi* at 28°C. The uredospore germination of *P. polysora* reduced from 55 to 14% after 60 days at 20°C which was the best temperature to preserve uredospores. Rust samples were collected from five corn-growing areas in Taiwan. Isolates from single uredium were purified and multiplied by the detached leaf method on the leaf segments of a susceptible sweet corn cv. Honey 236 in petri plates. Based on the reaction of the four differential varieties, all isolates of *P. sorghi* belonged to Race 2. However, 13 races of *P. polysora* were identified, they were Race 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, and 16. There were 8, 7, 8, 7, and 9 races of *P. polysora* were identified in the Taichung, Yuinlin, Pingtung, Taitung and Hualien collections, respectively, and the major races in the respective location were Race 3, 10; Race 5, 10, 15; Race 16; Race 16; and Race 10, 15. Among the fungicides tested in the greenhouse and field, Plantvax, Sicarol, Trimazone, Calixin-M, Sapxin and Saprol satisfactorily prevented corn plants from rust infection. However, only Plantvax and Sicarol were found with curative efficacy because they inhibited the development of rust pustules and/or killed the uredia in the lesions, then these uredia failed to produce uredospores. Sapxin and Saprol should be used in the early stage of infection before the production of uredospores.